

# **CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN CIUDADES DEBIDO AL USO DE COMBUSTIBLES EN VEHICULOS**

## **AUTORES**

Ing. Daniel Antonio Andrés  
Ing. Eduardo Joaquín Ferrero  
Ing. César Eliecer Mackler

**Dirección:** Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Rosario  
Zeballos 1341  
2000 – Rosario – Pcia de Santa Fe  
República Argentina  
**Tel./Fax:** 0054 – 341 – 4530285  
**Email:** dandres@citynet.net.ar

## **Introducción**

Este trabajo surge de un Proyecto de Investigación a cargo del Grupo G.E.S.E. perteneciente a la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional y trata sobre el monitoreo de contaminantes del aire urbano en algunas ciudades de la Provincia de Santa Fe, República Argentina. Los estudios de algunos contaminantes del aire se vienen desarrollando desde el año 1994 hasta la fecha y consistieron en principio en la medición mediante cuatro estaciones de Monitoreo del tipo activas. Los contaminantes medidos son: Oxidos de Nitrógeno, Monóxido de carbono, Dióxido de Azufre y Material Particulado.

Posteriormente y con el objeto de ampliar el área de medición se comenzaron a utilizar las técnicas pasivas de monitoreo, pero para medir solamente dióxido de nitrógeno ya que este último, según nuestras evaluaciones, Andrés (et-al) es el indicativo del grado de contaminación atmosférica en las ciudades aludidas. Las actuales mediciones se llevan a cabo simultáneamente en las ciudades de Rosario y Santa FE

Mediante las técnicas pasivas (tubos Palmes) se incrementaron los puntos de monitoreo a un costo mucho más bajo. Los costos resultaron un factor limitante en las investigaciones, debido a la escasa disponibilidad de recursos financieros que tiene el Grupo de Investigación. Los tubos Palmes debido a su muy bajo costo permitieron continuar los estudios iniciados.

## **Método**

Los muestreadores pasivos son simples equipos que pueden utilizarse para la medición ambiental de contaminantes gaseosos. Consisten en un pequeño tubo sellado en uno de sus extremos y abierto en el otro. El principio en el que se basan es la “difusión molecular” del gas desde el aire ambiente, a través del tubo hacia un absorbente situado en el extremo cerrado del mismo.

Los tubos utilizados tienen un largo de 70 mm y un diámetro de 12 mm. El absorbente utilizado es TEA (TriEtanolAmina), que se coloca entre dos mallas de acero inoxidable. Cálculos basados en la velocidad de difusión del Dióxido de Nitrógeno en aire, muestran que un equipo pasivo de estas características tiene un flujo volumétrico equivalente a 72 cm<sup>3</sup>/h. (ojo !!! ver autores)

En las áreas de estudio los muestreadores fueron colocados en soportes plásticos a una altura entre 1,5m y 3 m. De los 29 sitios de medición elegidos, en 10 de los mismos las muestras fueron discontinuadas debido a roturas de los soportes y a actos de vandalismo.

Los muestreadores son recolectados y reemplazados mensualmente desde el mes de agosto de 1998. El rechazo de muestras y las pérdidas de equipos (6,7 %) se atribuyen principalmente a roturas, invasión de insectos y vandalismo.

Durante la exposición al ambiente el NO<sub>2</sub> se acumula como ion nitrito sobre la TEA colocada entre las mallas de los muestreadores. El análisis consiste en el agregado de sulfanilamida, que se diazota por medio del ión nitrito y la posterior formación de un azocompuesto color pùrpura, que se produce por la copulación de la sal de diazonio con el agregado de N-1 naftil etilen diamino diclorhidrato. Muestras y blancos son medidos por espectrofotometría a 540 nm utilizando microcubetas de 10 mm de paso.

### **Topografía del área en estudio**

Las ciudades de Rosario y Santa Fe se alzan sobre la ribera derecha el Río Paraná. Ambas ciudades presentan características similares con clima húmedo y temperaturas promedio de 20 °C. Los vientos predominantes proceden del cuadrante noreste, seguidos por los del sudeste.

En el caso particular de Rosario, el conglomerado urbano se extiende de Norte a Sur a lo largo de un área de aproximadamente 170 Km<sup>2</sup>. La población es del orden de 1.000.000 de habitantes. El parque automotor es de aproximadamente 400.000 vehículos y la edificación en el centro de la ciudad es de considerable altura.

La ciudad de Santa Fe, situada 160 km al Norte de Rosario, esta rodeada de grandes masas de agua, lo que origina un alto grado de humedad en el ambiente.

## Resultados y Discusiones

La siguiente tabla muestra los resultados de los análisis de las muestras tomadas entre el mes de agosto de 1998 y el mes de octubre de 1999.

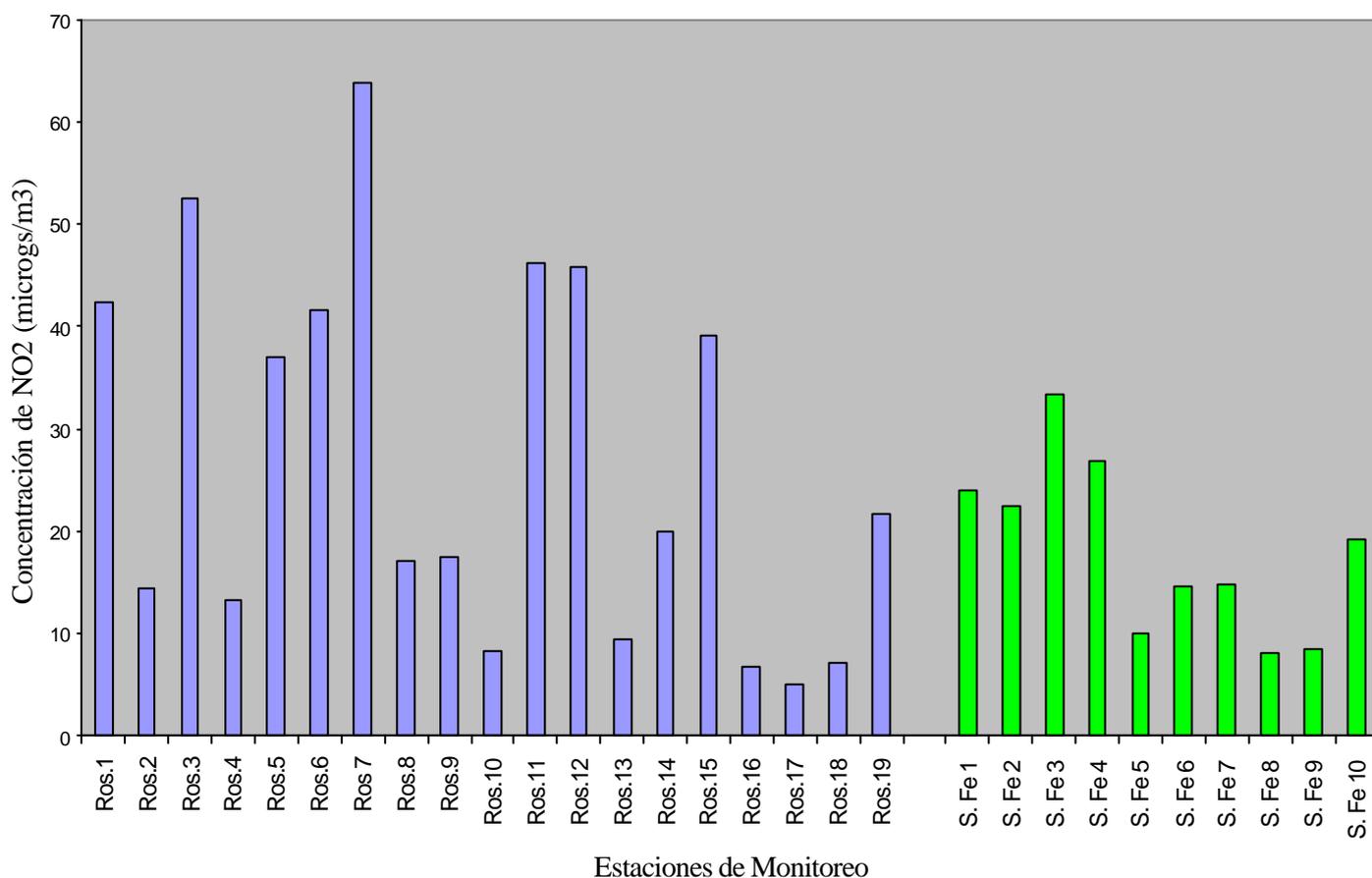
Tabla 1. Dióxido de Nitrógeno en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	a-98	s-98	o-98	n-98	d-98	e-99	f-99	m-99	a-99	m-99	j-99	j-99	a-99	s-99	o-99
Ros.1	83	32	36	34	18	60	50	46	30	55	44	34	66	15	33
Ros.2	18	8	16	11	5	9	8	15	14	40					
Ros.3	52	46	73	97	67	37	80	65	32	48	39	23	83	10	36
Ros.4	20	8	8	7	3							8	35	17	14
Ros.5	46	30						42	35	41	33	25	31		50
Ros.6	62	29	27	56	50	49	30	40	57	36	32	26	63	28	39
Ros.7	98	37	82	79	60	79	74	54	47	64	35	49	75	45	79
Ros.8	37	23	16	9	2			14	3	33	25	19	12	13	16
Ros.9	23	9	16	48	11	8	6	15		15	17	22	19		
Ros.10	11	4	9	7	10	6	7	7	16	18	9	5	5	4	7
Ros.11	66	37	53	75	48	53	60	10	43	59	51	33	37	27	42
Ros.12	65	22	64	59	56	61	47	23	30	48	40	48	33	44	46
Ros.13	13	3	6	7	5	4	4	4	29	17	14	16	11	3	5
Ros.14	31	11	25	16	16	17	27	9	12	26	15	28	28	19	20
Ros.15	53	32	41	29	26	46	57	32	38	43	28	37	46		
Ros.16	4	4	7	7	14	16	10	5	5	9	6	3	5	3	3
Ros.17	3	4	4	10	11	5	11	2	6	6	4	2	2	3	4
Ros.18	4	1	6	9	9	16	5	3	9	14	10	6		3	6
Ros.19	31	12	21	11	9	12	13	24	22	42	34	26	28	23	19
S. Fe 1	30	10	42	33	21	19	28	20	14	31	26	25	18	13	31
S. Fe 2	17	19		15	9	11	15	14	18	37	26	46	27	26	35
S. Fe 3	23	26	56	34	23	31	28	30	36	48	30	43	34	15	43
S. Fe 4	44	15	33	27	17	16	16	21	17	37	33	48	31	19	30
S. Fe 5	10	8	9	12	7	7	22	6	9	13	20	11	7	2	7
S. Fe 6	23	13	15	7	9	9	12	20	12	26	21	21	13	6	11
S. Fe 7	49	12		11	11	14	17	11	1	22		4	15	8	18
S. Fe 8	10	2	7	9	11	9	10	5	3	11	13	11	7	3	11
S. Fe 9	12	20	5	11	13	7	10	2	1	7		9	6	11	4
S. Fe 10	19	22	16	14	13	17	18	12	15	26	35	20	19	10	31

## Promedio Anual de Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno

Como puede observarse en la Tabla 1, las concentraciones de NO<sub>2</sub> variaron entre valores de 1 µg/m<sup>3</sup> y 98 µg/m<sup>3</sup> en la ciudad de Rosario y entre 1 µg/m<sup>3</sup> y 56 µg/m<sup>3</sup> en la Ciudad de Santa Fe. En la gráfica siguiente pueden visualizarse los promedios de concentración de los sitios de medición de ambas ciudades (abarca todo el período de monitoreo):

### Promedio de Concentraciones durante el Período de Medición



## **Sitios de mayores Concentraciones**

Como puede observarse el sitio de monitoreo N° 7 de la Ciudad de Rosario es el que presenta el mayor promedio de concentración de NO<sub>2</sub> (63,8 µg/m<sup>3</sup>) durante el período de medición. En la Ciudad de Santa Fe el punto de mayor promedio fue el N° 3 (33,3 µg/m<sup>3</sup>).

La diferencia entre los dos sitios de mayor contaminación de ambas ciudades alcanza el valor de 30,5 µg/m<sup>3</sup>, valor muy significativo, indicativo de que las grandes urbes están expuestas a una mayor contaminación, con todos los riesgos que ello implica. Investigaciones de la Organización Mundial de la Salud indican que un incremento en las concentraciones de NO<sub>2</sub> de 30 µg/m<sup>3</sup> posibilitará un aumento de un 20% en la probabilidad de enfermedades respiratorias en niños de corta edad; 30 µg/m<sup>3</sup> es justamente la diferencia de concentraciones entre los sitios de mayor promedio de ambas ciudades.

La generalidad de las normativas, tanto de orden nacional como internacional no establecen valores límites de NO<sub>2</sub>, sino que fijan concentraciones de óxidos de nitrógeno totales (NO<sub>x</sub>), es decir la suma de NO y NO<sub>2</sub>, expresados ambos como NO<sub>2</sub>.

No obstante lo expresado en el párrafo anterior, la normativa de protección del aire del Reino Unido, establece un límite máximo de calidad de aire para el NO<sub>2</sub> de 50 µg/m<sup>3</sup> como promedio anual. Si tenemos en cuenta la misma podemos expresar, en función de los promedios registrados, que dos puntos de monitoreo de la Ciudad de Rosario exceden dicho límite (puntos 3 y 7), mientras que en la Ciudad de Santa Fe en ninguno de los sitios de medición se superó dicho estándar; el valor de mayor promedio de esta última Ciudad (correspondiente al punto N° 3) está 16,6 µg/m<sup>3</sup> por debajo del límite establecido por la legislación inglesa.

Observando los dos puntos de cada ciudad en estudio que presentan mayores promedios de concentraciones podemos expresar que en todos ellos existe la presencia de un tránsito de vehículos intenso, caracterizado por el pasaje de varias líneas de transporte urbano de pasajeros y gran cantidad de vehículos particulares.

Respecto a la difusión gaseosa, siguiendo con el análisis de los dos puntos de mayores promedios de cada ciudad, podemos mencionar que los puntos de medición en la ciudad de Santa Fe presentan una edificación de baja altura al contrario de los sitios de la ciudad de Rosario, caracterizados sobre todo por el punto N° 3 con edificación de propiedad horizontal y calles estrechas. Esto explicaría en parte la gran diferencia entre los promedios registrados entre ambas ciudades, ya que en la ciudad de Rosario debido a la edificación de altura, habría una menor difusión gaseosa que incrementa las concentraciones de inmisión.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el Punto N° 7 de la Ciudad de Rosario se encuentra aledaño a una plaza con existencia de árboles frondosos y obviamente sin edificación, haciendo pensar entonces la vegetación existente mediante su follaje podrían impedir en parte la difusión gaseosa. Lo expresado se visualiza también en el punto n° 11 de la Ciudad de Rosario, que se encuentra en una zona frente al Parque de la Independencia donde la edificación es baja, el tránsito de vehículos es alto y hay gran cantidad de árboles frondosos; el valor promedio de  $46,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  refuerza la idea que las arboledas impiden en parte la difusión de los contaminantes.

### **Sitios de menores concentraciones**

Teniendo en cuenta nuevamente la gráfica de promedios de concentraciones, puede visualizarse que 5 puntos en la Ciudad de Rosario (números 10, 13, 16, 17 y 18) y dos puntos en la ciudad de Santa Fe (8 y 9) no exceden de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Un comentario en especial se merecen los puntos numerados 16, 17 y 18 de la Ciudad de Rosario. Los mismos están situados sobre la zona norte de la ciudad y fueron allí colocados con el fin de establecer la influencia ejercida por una Estación de Generación Térmica de Energía Eléctrica de gran porte (Sorrento), que está situada vecina a la localización de los muestreadores en cuestión. Analizando las concentraciones registradas en los puntos número 16, 17 y 18, se puede deducir que la emisión de la Usina Termoeléctrica de Sorrento no ejerce influencia significativa sobre las concentraciones de

inmisión de NO<sub>2</sub>, habiendo una gran difusión debido a que sus instalaciones están situadas vecinas al Río Paraná y a que su chimenea es de gran altura (aproximadamente 80 metros).

El punto n° 13 de la Ciudad de Rosario está situado sobre un parque, en zona alejada de la emisión de NO<sub>2</sub> por parte de los vehículos automotores, en dicho punto se esperaba previamente la presencia de bajas concentraciones del contaminante.

El punto n° 10, que presenta también bajas concentraciones promedio de NO<sub>2</sub>, está situado sobre la intersección de una Avenida y una calle, ambas de intensa circulación vehicular, por lo que podemos expresar que en dicha zona existe una gran emisión del contaminante. Las bajas concentraciones de inmisión registradas pueden obedecer a que en dicha zona exista una gran difusión gaseosa debido a la edificación de baja altura y al ancho significativo de la avenida donde está situado el punto de monitoreo. Es de destacar que dicha zona se caracteriza también por la carencia total de árboles, reforzando por tanto la idea de que los mismos entorpecen la difusión gaseosa de los contaminantes.

En la Ciudad de Santa Fe, los dos puntos de menores concentraciones se sitúan en zonas de alto tránsito y edificación de baja altura, por lo tanto podemos suponer que en dichas zonas la difusión gaseosa es de importancia tal, que la misma supera a la contribución de la emisión vehicular resultando en bajas concentraciones de inmisión del contaminante. No obstante en la Avenida Pellegrini, donde se encuentra el muestreador N° 8, presenta un cantero central con arboleda frondosa; las bajas concentraciones registradas estarían en contraposición con las suposiciones mencionadas anteriormente donde se indicaba que en zonas de árboles frondosos se dificulta la difusión gaseosa aumentando las concentraciones de inmisión.

## Conclusión

No obstante que los estudios continúan, se concluye lo siguiente:

- La concentración de contaminantes es influenciada por el flujo de vehículos, las características de la edificación, el ancho de las calles y la presencia de vegetales.
- En ambas ciudades, las concentraciones más altas se encuentran en zonas de alto flujo vehicular, debido a la alta emisión de gases contaminantes. Respecto a la posibilidad de remoción de los contaminantes, en general, el grado de dificultad se incrementa con la presencia de calles estrechas, edificación alta y la presencia de plantas y árboles.-

## REFERENCIAS

- Andrés D., Ferrero E., Mackler C. (1997). “Monitoreo de Contaminantes del Aire en la Ciudad de Rosario”. Revista Internacional Información Tecnológica. Vol. 8, N°6. 1997.
- Gair, A.J., Penkett, S.A. and Oyola, P.: 1991. “Development of a Simple Passive Technique for the Determination of Nitrogen Dioxide in Remote Continental Locations”. Atmospheric 25A. 1927 - 1939.